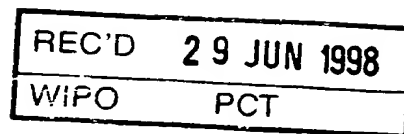


PCT/FR 98/00965



09/403744

#5  
6-24-00

# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 23 MARS 1998

PRIORITY DOCUMENT

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département

Martine PLANCHE

*This Page Blank (uspto)*

**REQUÊTE EN DÉLIVRANCE**

26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08  
Téléphone : (1) 42.94.52.52 Télécopie : (1) 42.93.59.30

Confirmation d'un dépôt par télécopie ☐

Cet imprimé est à remplir à l'encre noire en lettres capitales

Réservé à l'INPI

DATE DE REMISE DES PIÈCES  
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL  
DÉPARTEMENT DE DÉPÔT  
DATE DE DÉPÔT

**20 MAI 1997**  
**97 064 07 -**  
**20 MAI 1997**

1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE  
À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE

**PECHINEY**  
**Monsieur Jean-Claude MOUGEOT**  
**28 Rue de Bonnel**  
**69433 LYON CEDEX 03**

n° du pouvoir permanent 03780 LCO04A références du correspondant BR 3250 JCM/NC téléphone 0478629153

2 DEMANDE Nature du titre de propriété industrielle

☒ brevet d'invention ☐ demande divisionnaire

☐ certificat d'utilité ☐ transformation d'une demande de brevet européen

☐ demande initiale ☐ brevet d'invention ☐ certificat d'utilité n°

Établissement du rapport de recherche ☐ différé ☒ immédiat

Le demandeur, personne physique, requiert le paiement échelonné de la redevance ☐ oui ☒ non

Titre de l'invention (200 caractères maximum)

**PROCEDE DE FABRICATION DE BANDES EN ALLIAGES D'ALUMINIUM PAR COULEE CONTINUE  
MINCE ENTRE CYLINDRES**

3 DEMANDEUR (S) n° SIREN code APE-NAF

Nom et prénoms (souligner le nom patronymique) ou dénomination

**PECHINEY RHENALU**

Forme juridique

**SA**

Nationalité (s) Française

Adresse (s) complète (s)

**6 Place de l'Iris - Tour Manhattan - La Défense 2**  
**92400 COURBEVOIE**

Pays

**FRANCE**

4 INVENTEUR (S) Les inventeurs sont les demandeurs ☐ oui ☒ non Si la réponse est non, fournir une désignation séparée

5 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES ☐ requise pour la 1ère fois ☐ requise antérieurement au dépôt : joindre copie de la décision d'admission

6 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE

pays d'origine numéro date de dépôt nature de la demande

7 DIVISIONS antérieures à la présente demande n° date n° date

8 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE  
(nom et qualité du signataire - n° d'inscription)

**Jean-Claude MOUGEOT**

SIGNATURE DU PRÉPOSÉ À LA RÉCEPTION SIGNATURE APRES ENREGISTREMENT DE LA DEMANDE À L'INPI

**A. CHAPELAN**

**DÉSIGNATION DE L'INVENTEUR**

(si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

**DIVISION ADMINISTRATIVE DES BREVETS**

26bis, rue de Saint-Petersbourg  
75800 Paris Cédex 08

BR3250 JCM/NC

Tél. : (1) 42 94 52 52 - Télécopie : (1) 42 93 59 30

N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL

970 5407

**TITRE DE L'INVENTION :**

PROCEDE DE FABRICATION DE BANDES EN ALLIAGES D'ALUMINIUM PAR COULEE CONTINUE  
MINCE ENTRE CYLINDRES

**LE (S) SOUSSIGNÉ (S)**

Monsieur Jean-Claude MOUGEOT  
PECHINEY  
28 Rue de Bonnel  
69433 LYON CEDEX 03

**DÉSIGNE (NT) EN TANT QU'INVENTEUR (S)** (indiquer nom, prénoms, adresse et souligner le nom patronymique) :

HOFFMANN Jean-Luc  
6 Avenue Marius Chorot  
Les Tuileries  
38430 MOIRANS

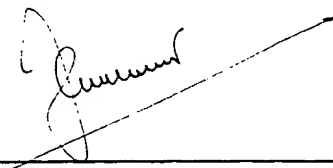
CORTES Marcel  
14 Rue Ampère  
FROGES  
38190 BRIGNOUD

**NOTA** : A titre exceptionnel, le nom de l'inventeur peut être suivi de celui de la société à laquelle il appartient (société d'appartenance) lorsque celle-ci est différente de la société déposante ou titulaire.

Date et signature (s) du (des) demandeur (s) ou du mandataire

20 Mai 1997

Jean-Claude MOUGEOT



**Procédé de fabrication de bandes en alliages d'aluminium  
par coulée continue mince entre cylindres.**

5

**Domaine technique de l'invention**

L'invention concerne un procédé de fabrication de bandes en alliages d'aluminium faiblement chargés en magnésium et en cuivre, notamment des alliages AlFeSi et AlMn, par coulée continue entre cylindres (en anglais « twin-roll casting ») de faible épaisseur (< 5 mm). Elle concerne également des bandes de tels alliages coulées par coulée continue mince entre cylindres, et éventuellement laminées à froid, présentant à la fois une résistance mécanique élevée, une bonne formabilité et une bonne anisotropie.

15

**Etat de la technique**

Pour obtenir une résistance mécanique élevée sur des alliages d'aluminium ne nécessitant pas de durcissement structural ultérieur, on a généralement recours à l'addition de magnésium, comme dans les alliages de la série 5000 selon la nomenclature de l'Aluminum Association. Outre que la coulée de ces alliages, notamment en coulée continue, est assez délicate, il existe des applications pour lesquelles la présence de magnésium en quantité appréciable est exclue. C'est par exemple le cas pour les tôles destinées aux ustensiles culinaires émaillés, où le magnésium a un effet défavorable sur l'accrochage de la couche d'émail, ou pour les bandes destinées à la fabrication d'ailettes pour échangeurs de chaleur brasés avec un flux fluoré, car le magnésium diffuse à la surface et réagit avec le flux. Pour cette raison, on utilise pour ces applications des alliages AlFeSi de la série 1000, des alliages AlMn de la série 3000 ou des alliages AlSiFe de la série 4000, dont la résistance mécanique est nettement plus faible. L'article de M. DELEUZE et D. MARCHIVE « Les nouveaux alliages de corroyage 4006 et 4007 », Revue de l'Aluminium, juin 1980, pp. 289-292, montre bien les exigences que pose le marché des ustensiles culinaires aux fabricants de bandes en alliages d'aluminium.

Ces bandes d'alliages sont produites habituellement par coulée semi-continue verticale de plaques, laminage à chaud, laminage à froid et recuit d'adoucissement. Après émaillage impliquant un recuit à une température de l'ordre de 550°C, ou après revêtement de PTFE soumis à une polymérisation vers 450°C, les tôles en alliages  
5 4006 ou 4007 présentent une limite élastique  $R_{0,2}$  comprise entre 55 et 80 MPa.

On peut également fabriquer les bandes par coulée continue, notamment par coulée entre deux cylindres d'acier refroidis. La coulée continue, dans la mesure où les conditions de solidification sont différentes du procédé habituel, peut conduire à des microstructures également assez différentes. Ainsi, le brevet US 3989548 d'Alcan,  
10 publié en 1976, décrit (exemple 9) des alliages d'aluminium contenant l'un au moins des éléments Fe, Mn, Ni ou Si coulés en bandes par coulée continue entre cylindres à une épaisseur de 7 mm. La structure de la bande coulée présente des bâtonnets de composés intermétalliques fragiles de diamètre compris entre 0,1 et 1,5  $\mu\text{m}$ , qu'un laminage à froid avec une réduction d'au moins 60% brise en fines particules de taille  
15 inférieure à 3  $\mu$ . Les bandes obtenues présentent un bon compromis entre la résistance mécanique et la formabilité, mais les propriétés ne deviennent intéressantes que pour des alliages assez chargés, par exemple des alliages AlFeMn avec Fe > 1,4% et Mn > 0,6%, ou des alliages AlFeNi avec Fe > 1,2% et Ni > 1,1%.

Le brevet FR 2429844 (= GB 2024870) de Norsk Hydro décrit un procédé de  
20 production par coulée continue de bandes en alliage AlMn, AlMg, AlMgSi ou AlMgMn présentant à la fois une bonne résistance mécanique et une bonne ductilité, dans lequel on ajoute à l'alliage moins de 0,5% d'éléments antirecristallisants (Zr, Nb, Ta, Hf, Ni, Cr, Ti, V ou W).

Le brevet US 5380379 d'Alcoa concerne la fabrication, par coulée continue entre  
25 cylindres, de feuilles minces en alliages assez chargés, contenant de 1,35 à 1,6% de fer, de 0,3 à 0,6% de manganèse, de 0,1 à 0,4% de cuivre et moins de 0,2% de silicium. La teneur en silicium est limitée par l'apparition de phases intermétalliques de type AlFeSi ou AlMnSi, tandis que la présence de cuivre est nécessaire pour conférer au produit une résistance mécanique suffisante.

30 A l'inverse, la demande de brevet WO 96/27031 d'Alcan concerne des alliages moins chargés contenant 0,40 à 0,70% de fer, 0,10 à 0,30% de manganèse, 0,10 à 0,25% de cuivre et moins de 0,10% de silicium, obtenus par coulée continue de bandes d'épaisseur inférieure à 25 mm, dont les propriétés sont voisines de celles de l'alliage

3003. Après laminage à froid et recuit entre 350 et 400°C, l'alliage présente à l'état « O » (selon la norme NF EN 515) une taille de grains inférieure à 70 microns et des propriétés très proches de l'alliage 3003 élaboré selon une gamme de transformation habituelle. Un tel domaine de composition peut s'avérer contraignant pour certaines applications où on utilise des alliages moins chargés, comme le 1050, ou des alliages exempts de cuivre.

Le brevet EP 0039211 d'Alcan décrit un procédé de fabrication par coulée continue, à une épaisseur comprise entre 3 et 25 mm, de bandes en alliages AlMn, contenant de 1,3 à 2,3% de manganèse, et éventuellement moins de 0,5% de fer, de magnésium ou de cuivre, moins de 2% de zinc et moins de 0,3% de silicium. La gamme de transformation décrite est assez complexe puisqu'elle comporte une homogénéisation pour précipiter au moins la moitié du manganèse sous forme d'intermétalliques, un laminage à froid avec une réduction d'au moins 30% et un ou plusieurs recuits intermédiaires. Les bandes obtenues présentent des caractéristiques mécaniques ne permettant pas de dépasser, pour le produit  $A \times R_{0,2}$ , A étant l'allongement à la rupture en % et  $R_{0,2}$  la limite élastique à 0,2% en MPa, la valeur de 2100.

Le brevet EP 0304284 d'Alcan décrit un alliage à stabilité thermique élevée contenant de 1,5 à 2,5% de manganèse, de 0,4 à 1,2% de chrome, de 0,4 à 0,8% de zirconium et jusqu'à 2% de magnésium, ainsi que son élaboration par coulée continue de bandes d'épaisseur inférieure à 4 mm. Les teneurs très inhabituelles en chrome et en zirconium, surtout lorsqu'elles se combinent à une addition de magnésium, conduisent à une résistance mécanique élevée, mais au détriment de l'allongement qui reste toujours inférieur à 10%, ce qui rend ces alliages inaptes, même en l'absence de magnésium, à la fabrication par exemple d'ustensiles culinaires.

La coulée continue de bandes en alliages d'aluminium entre des cylindres refroidis est connue depuis de nombreuses années. Elle permet, pour un coût d'investissement modéré, d'obtenir dans une assez large gamme d'alliages des bandes qui ne nécessitent pas de laminage à chaud ultérieur. Ces dernières années, des progrès importants ont été faits par les fabricants de machines de coulée pour diminuer l'épaisseur de la bande coulée qui peut descendre dans certains cas jusqu'à environ 1 mm, ce qui diminue d'autant le laminage à froid à effectuer, et peut même le supprimer si l'on vise des épaisseurs > 1 mm, à condition que la qualité de la bande

coulée soit suffisante pour les applications envisagées. Ces progrès ont fait l'objet de communications dans les congrès professionnels, par exemple:

- M. CORTES « Pechiney Jumbo 3CM ® The new demands of thin strip casting. » Light Metals TMS 1995, p. 1161.

5       - B. TARAGLIO, C. ROMANOWSKI « Thin gauge / High Speed roll casting Technology for Foil Production » Light Metals TMS 1995, pp. 1165 - 1182. Cet article mentionne un certain nombre d'alliages qui peuvent être coulés sur la machine décrite, par exemple les alliages 1050, 1060, 1100, 1145, 1188, 1190, 1193, 1199, 1200, 1230, 1235, 1345, 3003, 8010, 8011, 8111 et 8014. L'article indique également  
10       que la puissance du laminoir utilisé pour la coulée continue entre cylindres est de 3000 t, ce qui souligne la nécessité d'utiliser des efforts importants quand on coule en épaisseur mince.

#### **But de l'invention**

15       L'invention a pour but d'obtenir des bandes en alliages d'aluminium à faible teneur en Mg et Cu présentant, à l'état brut de coulée continue ou laminé à froid, une résistance mécanique nettement supérieure à celle des bandes semblables et de même composition obtenues par coulée traditionnelle ou coulée continue épaisse, ainsi  
20       qu'une formabilité et une anisotropie au moins aussi bonnes. Elle a également pour but d'obtenir des bandes en alliages d'aluminium recristallisant à une température nettement supérieure à la température de recristallisation des mêmes alliages obtenus par coulée traditionnelle, et plus particulièrement des alliages ne recristallisant pas à la température habituelle d'émaillage ou de polymérisation du PTFE des ustensiles  
25       culinaires.

#### **Objet de l'invention**

30       L'invention a pour objet un procédé de fabrication de bandes en alliage d'aluminium contenant (en poids) l'un au moins des éléments Fe (de 0,15 à 1,5%) ou Mn (de 0,35 à 1,9%) avec Fe + Mn < 2,5%, et contenant éventuellement Si (< 0,8%), Mg (< 0,2% et de préférence < 0,05%), Cu (< 0,2% et de préférence < 0,1%), Cr (< 0,2% et de préférence < 0,02%) ou Zn (< 0,2% et de préférence < 0,1%), les autres éléments



étant < 0,1% chacun et 0,3% au total, par coulée continue entre cylindres refroidis et frettés à une épaisseur comprise entre 1 et 5 mm, suivie éventuellement d'un laminage à froid, l'effort appliqué aux cylindres de coulée, exprimé en t par mètre de largeur de bande, étant inférieur à  $300 + 2000/e$ , e étant l'épaisseur de la bande exprimée en mm.

- 5 La coulée se fait de manière préférentielle avec un arc de contact inférieur à 60 mm et avec un échange thermique ralenti tel que la température de la frette des cylindres de coulée reste à une température supérieure à 80°C et, de préférence, à 130°C.

L'invention a également pour objet des bandes en alliage d'aluminium de la composition ci-dessus et d'épaisseur comprise entre 1 et 5 mm, obtenues par coulée continue entre cylindres, présentant, à l'état brut de coulée, un produit  $R_{0,2} \times A > 2500$  (et de préférence  $> 3000$ ),  $R_{0,2}$  étant la limite élastique à 0,2% de la bande exprimée en MPa et A l'allongement à la rupture exprimé en %. Les bandes présentent une limite élastique  $R_{0,2}$  supérieure à 80 MPa, un allongement A supérieur à 20% et un taux de cornes inférieur à 7, et de préférence à 5.

- 15 Elle a enfin pour objet une bande en alliage AlMn entrant dans la composition précédente (Mn > 0,35%) et telle que la somme des teneurs Fe + Mn soit comprise entre 1,4 et 2,5% (de préférence entre 1,5 et 2%) coulée entre cylindres à une épaisseur < 5 mm et éventuellement laminée à froid, présentant après émaillage ou revêtement PTFE, une limite élastique > 80 MPa et de préférence > 100 MPa.

20

### Description de l'invention

L'invention repose sur la constatation qu'un réglage particulier des paramètres de coulée d'une bande mince entre deux cylindres permet d'obtenir, pour des alliages sans traitement thermique et sans addition de magnésium ou de cuivre, un ensemble de caractéristiques mécaniques tout à fait surprenantes à l'état coulé ou laminé à froid, en particulier une limite élastique très nettement supérieure à celle de bandes de même composition coulées de manière traditionnelle, ou par coulée continue de bandes épaisses ou par coulée continue de bandes minces dans des conditions différentes.

- 30 L'invention s'applique aux alliages d'aluminium sans traitement thermique et pratiquement exempts de magnésium et de cuivre. Il s'agit essentiellement d'alliages très peu chargés en éléments d'addition, comme le 1050, mais qui contiennent toujours au moins 0,15% de fer, d'alliages AlFeSi pouvant contenir jusqu'à 1,5% de

fer et 0,8% de silicium, tels que les alliages 1050, 1100, 1200, 1235, 8006 (ce dernier contenant également du manganèse), 8011 ou 8079, et enfin d'alliages au manganèse contenant entre 0,35 et 1,9% de Mn, tels que l'alliage 3003.

Pour les alliages contenant du silicium, la possibilité d'aller jusqu'à 0,8% de silicium est un avantage par rapport à la coulée traditionnelle et permet de recycler certains alliages, comme ceux utilisés pour les échangeurs brasés qui sont revêtus d'alliage AlSi. Cependant, au delà de 0,8%, on observe la formation de phases primaires AlMnSi ou AlFeSi qui peuvent être gênantes pour la coulabilité, notamment à cause du risque de solidification dans l'injecteur. On risque de même l'apparition de phases primaires pour les alliages au manganèse lorsque Mn dépasse 1,9% ou lorsque la somme  $Mn + Fe$  dépasse 2,5%.

Les bandes selon l'invention présentent une microstructure originale. La taille moyenne des particules de phases intermétalliques au fer, au silicium et au manganèse est de l'ordre de 0,4  $\mu m$ , et au moins 90% de ces particules ont une taille inférieure à 1  $\mu m$ . Cette microstructure peut être observée par microscopie électronique à balayage sur une coupe polie de métal. Pour déterminer la taille des particules, on évalue, par analyse numérique des micrographies, leur aire  $A$ , à partir de laquelle on calcule le paramètre de taille  $d$  par la formule  $d = 2\sqrt{A/\pi}$ .

Le procédé de fabrication de bandes en alliages d'aluminium selon l'invention sera décrit en référence à la figure 1, qui représente schématiquement en coupe longitudinale une machine de coulée continue de bandes entre cylindres. Cette machine comprend une alimentation en métal liquide (1), un injecteur (2) qui introduit le métal liquide dans l'intervalle compris entre deux cylindres refroidis (3 et 4). Chacun des cylindres (3) et (4) comprend un corps de cylindre (3a) et (4a) avec un circuit d'eau de refroidissement débouchant à sa surface. Le corps de cylindre est enserré dans une frette tubulaire (3b) et (4b) qui assure le contact mécanique et thermique avec le métal et peut être remplacée après usure. La solidification du métal se fait entre les cylindres et il sort une bande métallique solide (5). On désigne par arc de contact la distance  $d$  séparant la sortie de l'injecteur (2) et le plan des axes des cylindres (3) et (4).

L'alliage est coulé en une bande d'épaisseur comprise entre 1 et 5 mm. La principale disposition à respecter est de couler avec un effort exercé par les cylindres relativement faible, contrairement aux enseignements de l'art antérieur. Cet effort,

exprimé en tonnes par mètre de largeur de bande coulée, doit rester inférieur à  $300 + 2000/e$ ,  $e$  étant l'épaisseur de coulée mesurée en mm. Ainsi, pour une épaisseur de coulée de 2,5 mm, l'effort doit rester inférieur à 1100 t par mètre de largeur.

D'autres dispositions ont une influence favorable sur les caractéristiques mécaniques de la bande coulée. Ainsi, et contrairement à ce qu'on aurait pu attendre, il est préférable que l'échange thermique entre le métal en cours de solidification et la frette des cylindres ne soit pas trop bon. Ceci se traduit par une température élevée des frettes, typiquement supérieure à 80°C, et de préférence à 130°C et peut être obtenu par des frettes en métal mauvais conducteur thermique (par exemple un acier au molybdène) et relativement épaisses (par exemple entre 50 et 100 mm). Une autre disposition favorable, qui est partiellement en relation avec la précédente, est d'opérer avec un arc de contact plutôt faible, inférieur à 60 mm, et de préférence inférieur à 56 mm. Ceci diminue en effet l'échange de chaleur entre le métal et les frettes, et peut être obtenu en rapprochant l'injecteur des cylindres et/ou en utilisant des cylindres relativement petits.

Ces conditions de coulée confèrent à la bande la microstructure décrite ci-dessus et conduisent à ce que l'alliage ne recristallise pas tant qu'il n'atteint pas une température de l'ordre de 380 à 400°C, ce qui permet par exemple de maintenir une résistance mécanique élevée après les traitements d'émaillage ou de revêtement de PTFE des articles culinaires fabriqués à partir de cette bande.

Les bandes en alliages selon l'invention présentent à l'état brut de coulée une résistance mécanique nettement supérieure à celle des bandes en même alliage et de même épaisseur obtenues en coulée traditionnelle de plaques avec laminage à chaud et à froid, et même à celle de bandes issues de coulée continue dans des conditions différentes de coulée. La limite élastique est, pour l'ensemble des alliages selon l'invention, toujours supérieure à 80 MPa et le plus souvent à 100 MPa, notamment pour les alliages au manganèse. On a également une bonne formabilité, avec un allongement à la rupture toujours supérieur à 20% (et à 30% pour les alliages sans Mn, comme le 1050 ou le 1200), et surtout un compromis entre limite élastique et allongement, mesuré par le produit  $R_{0.2} \times A$  ( $R_{0.2}$  exprimé en MPa et  $A$  en %) particulièrement favorable, ce produit étant toujours supérieur à 2500, et le plus souvent à 3000. On obtient également de bonnes propriétés d'anisotropie, avec un taux de cornes toujours inférieur à 7, et le plus souvent inférieur à 5.

Les caractéristiques mécaniques sont mesurées dans le sens long selon la norme EN 10002. Le taux de cornes est mesuré selon la norme NF-EN 1669 avec un rapport d'emboutissage compris entre 1,8 et 1,95, et de préférence 1,92, et s'exprime (en %) par le rapport: 2 x (moyenne des hauteurs des 4 cornes - moyenne des hauteurs des 4 creux) / (hauteur moyenne des 4 cornes + hauteur moyenne des 4 creux), l'anisotropie de ce type d'alliages étant généralement du type à 4 cornes à 45°.

Pour les alliages au manganèse avec  $Mn + Fe > 1,4\%$ , on obtient, après des recuits jusqu'à 550°C (par exemple les recuits d'émaillage ou de polymérisation du PTFE), une limite élastique  $> 80$  MPa et le plus souvent  $> 100$  MPa.

- Après une ou plusieurs passes de laminage à froid, les bandes selon l'invention présentent une limite élastique  $R_{0,2}$  très significativement supérieure à celle de bandes issues de coulée conventionnelle ayant subi le même écrouissage. La limite élastique après écrouissage s'exprime habituellement par une loi d'écrouissage selon la formule:

$$R_{0,2} = k \varepsilon^n \quad \text{avec } \varepsilon = (2/\sqrt{3}) \ln(\text{épaisseur initiale}/\text{épaisseur finale})$$

- l'épaisseur initiale étant l'épaisseur brute de coulée pour la coulée continue de bandes, et l'épaisseur de la bande au dernier recuit de recristallisation pour les bandes issues de coulée traditionnelle à partir de plaques et laminées à chaud. Pour les bandes laminées à froid selon l'invention avec un coefficient de réduction d'au plus 60%, c'est-à-dire pour les valeurs d' $\varepsilon$  comprises entre 0 et 1, le coefficient  $k$  est toujours supérieur à 150, alors qu'il est inférieur pour des bandes issues de coulée traditionnelle, et  $n$  est inférieur à 0,20 (et le plus souvent à 0,15) alors qu'il est supérieur à 0,20 pour les bandes issues de coulée traditionnelle.

- Cet ensemble de propriétés est particulièrement avantageux pour la fabrication d'ustensiles culinaires emboutis pour lesquels il est nécessaire d'utiliser des alliages sans magnésium. Grâce à la coulée mince, on peut utiliser des bandes brutes de coulée, ce qui conduit à un coût de revient intéressant, et les traitements thermiques occasionnés par les opérations d'émaillage et de revêtement par des produits antiadhésifs comme le polytétrafluoréthylène (PTFE) n'entraînent pas de perte de caractéristiques mécaniques. Ces propriétés sont également intéressantes pour la fabrication d'ailettes d'échangeurs de chaleur, notamment les radiateurs ou climatiseurs d'automobiles, destinées à être assemblées avec des tubes par brasage à l'aide d'un flux non corrosif. Là aussi, la présence de magnésium est exclue et le brasage au four ne fait pas chuter les caractéristiques mécaniques. Enfin, elles sont

également intéressantes pour la fabrication de produits vernis ou laqués devant subir un traitement de cuisson des revêtements.

### Exemples

5

#### Exemple 1: influence de l'effort entre cylindres

On a coulé sur une machine de coulée continue entre cylindres 3CM® de la société Pechiney Aluminium Engineering, les 5 alliages dont la composition chimique (% en poids) est donnée au tableau 1:

10

Tableau 1

Alliage	Mn	Fe	Si	Mg
8006	0,44	1,29	0,15	0,028
3003	1,1	0,40	0,10	-
1050	-	0,20	0,14	0,002
8011	-	0,75	0,70	-
1200	-	0,55	0,20	-

On a mesuré dans chaque cas l'épaisseur de coulée, l'effort entre cylindres par mètre de largeur de bande, comparé à la valeur limite  $300 - 2000/e$ , ainsi que les caractéristiques mécaniques de la bande brute de coulée: résistance à la rupture  $R_m$  (en MPa), limite d'élasticité conventionnelle à 0,2%  $R_{0,2}$  (en MPa), allongement à la rupture  $A$  (en %) et taux de cornes (en %) selon la norme NF-EN 1669 avec un taux d'emboutissage de 1,92.

20

Les résultats sont rassemblés au tableau 2:

Tableau 2

Alliage	e mm	Effort t/m	300 + 2000/e	R <sub>m</sub> MPa	R <sub>0,2</sub> MPa	A %	R <sub>0,2</sub> x A	Taux cornes
8006	3,1	867	945	166	118	25	2950	2,8
3003	3,0	900	967	158	114	23	2622	4,4
1050	3,5	720	871	106	81	39	3159	4,0
8011	3,9	1018	813	156	112	23	2576	9,0
1200	3,0	1100	967	121	93	32	2976	8,9
3003	3,5	1400	871	181	141	17	2297	8,0

On constate que, dans les 3 premiers cas, on obtient à la fois un allongement supérieur à 20% et un produit R<sub>0,2</sub> x A supérieur à 2500 et un taux de cornes inférieur à 7. Par contre, pour les 3 derniers cas où l'effort est trop élevé, le taux de cornes est très important, ce qui rend la bande inapte à l'emboutissage.

#### Exemple 2: influence de la température de frette

On a comparé, pour les alliages 1050 et 3003, les caractéristiques mécaniques des bandes coulées avec des températures de frette respectives de 130° (selon l'invention) et 70° (hors invention). Les résultats sont donnés au tableau 3:

Tableau 3

Alliage	e (mm)	temp. (°)	R <sub>m</sub> (MPa)	R <sub>0,2</sub> (MPa)	A (%)	R <sub>0,2</sub> x A
1050	3	130	106	81	39	3159
1050	3	70	105	80	29	2320
3003	3,5	130	158	114	23	2622
3003	3	70	149	114	18	2052

On constate qu'une température de frette élevée contribue à une augmentation de l'allongement sans préjudice sur la résistance mécanique.

#### Exemple 3: influence de l'arc de contact et de l'effort sur le taux de cornes

On a mesuré le taux de cornes sur des bandes coulées à différentes épaisseurs, avec des efforts entre cylindres différents et des arcs de contact de différentes longueurs. Les résultats sont rassemblés au tableau 4

5

Tableau 4

Alliage	e mm	Effort t/m	300+2000/e t/m	Arc contact mm	Taux cornes %
8006	3,1	867	943	45	2,8
3003	3,0	937	967	45	3,2
8006	3,2	867	925	45	3,2
8006	3,1	833	945	45	2,4
3005	3,0	567	967	45	1,5
3005	2,35	833	1151	45	1,7
1050	1,95	727	1326	45,5	6,3
1050	1,7	767	1476	45,5	6,7
1050	4,0	930	800	52	4,7
1050	3,0	920	967	52	6,0
1050	3,1	1253	945	70	8,5
1050	3,5	720	871	53	4
8011	3,9	1019	813	57	9,0
1200	4,15	780	782	58	6,5
1200	4,15	769	782	58	5,4
1200	3,6	1055	856	62	8,8
8011	3,8	1440	826	55	7,5
8011	3,7	1440	841	56	8,2
1200	3,0	1230	967	55	12
8011	3,8	1104	826	57	7,6
8011	3,35	850	901	56	5,2
8011	3,55	979	862	56	9,5
8011	3,65	925	849	57	9,6

On constate qu'il n'y a pas de corrélation entre l'épaisseur de coulée et le taux de cornes, mais que les taux de cornes élevés ( $> 7$ ) correspondent à des efforts élevés ( $> 300 + 2000/e$ ) et/ou à des arcs de contact élevés ( $> 56$  mm).

5

#### Exemple 4: caractéristiques mécaniques après émaillage et revêtement PTFE

On a mesuré pour différents alliages selon l'invention les caractéristiques mécaniques à l'état brut de coulée, après revêtement anti-adhésif PTFE comportant un recuit de polymérisation de la résine à  $420^{\circ}\text{C}$  et après émaillage comportant un recuit d'émail à  $560^{\circ}\text{C}$ . On a comparé les résultats après traitement thermique à ceux obtenus avec les alliages 4006 et 4007 transformés de manière traditionnelle, qui sont les alliages les plus performants utilisés pour la fabrication d'ustensiles culinaires émaillés et revêtus de PTFE. Les résultats sont repris au tableau 5:

15

Tableau 5

All.	e mm	Brut coulée			Après revêt. PTFE			Après émail		
		$R_m$ MPa	$R_{0,2}$ MPa	A %	$R_m$ MPa	$R_{0,2}$ MPa	A %	$R_m$ MPa	$R_{0,2}$ MPa	A %
3003	3,0	158	114	22	154	110	23	148	105	26
3003	3,5	181	141	17	173	136	20	156	111	25
8006	3,1	166	118	25	151	108	27	132	85	32
8011	3,9	156	112	23	139	75	28	125	36	36
1200	3,0	121	93	32	100	64	34	80	20	50
4006					120	55	48	142	59	42
4007					161	68	30	173	76	26

On constate qu'après revêtement PTFE, les alliages peu chargés 1200, 8006 et 8011 coulés en coulée continue selon l'invention présentent encore une limite élastique comparable à celle des alliages 4006 et 4007 spécialement conçus pour leur résistance aux températures élevées. Après émaillage, l'alliage 3003 selon l'invention présente

20



une limite élastique nettement plus élevée que celle des alliages 4006 et 4007 en coulée traditionnelle, alors que ces alliages sont spécialement destinés à l'émaillage.

#### Exemple 5: lois d'écrouissage

5

On a comparé les courbes d'écrouissage de bandes d'alliages 1200 et 3003 issues respectivement de coulée traditionnelle et de coulée continue selon l'invention à partir d'une épaisseur initiale de 3 mm jusqu'à des épaisseurs finales allant jusqu'à 1,25 mm, c'est-à-dire pour des valeurs de  $\varepsilon$  comprises entre 0 et 1. les valeurs respectives des

10 coefficients  $k$  et  $n$  de la courbe  $R_{0,2} = k \varepsilon^n$  sont données dans le tableau 6:

Tableau 6

Alliage	coulée	k	n
1200	invention	169	0,13
1200	traditionnelle	105	0,21
3003	invention	229	0,12
3003	traditionnelle	150	0,22

15 On constate que, pour les bandes selon l'invention dans le domaine considéré,  $k$  est plus élevé et  $n$  plus faible, ce qui conduit à un écrouissage plus important puisque  $\varepsilon < 1$  et  $n < 1$ .

## REVENDECATIONS

1. Procédé de fabrication de bandes en alliage d'aluminium contenant (en poids) l'un au moins des éléments Fe (de 0,15 à 1,5%) ou Mn (de 0,35 à 1,9%) avec: Fe +  
5 Mn < 2,5%, et contenant éventuellement Si (< 0,8%), Mg (< 0,2%), Cu (< 0,2%), Cr (< 0,2%), Zn (< 0,2%), autres éléments < 0,1% chacun et 0,3% au total, par coulée continue entre deux cylindres refroidis et frettés à une épaisseur comprise entre 1 et 5 mm, suivie éventuellement d'un laminage à froid, l'effort appliqué aux cylindres pendant la coulée, exprimé en t par mètre de largeur de  
10 bande, étant inférieur à  $300 + 2000/e$ , e étant l'épaisseur de la bande coulée exprimée en mm.
2. Procédé de fabrication de bandes en alliage d'aluminium contenant (en poids) l'un au moins des éléments Fe (de 0,15 à 1,5%) ou Mn (de 0,35 à 1,9%) avec Fe +  
15 Mn < 2,5%, et éventuellement Si < 0,8%, Mg < 0,2%, Cu < 0,2%, Cr < 0,2%, Zn < 0,2%, autres éléments < 0,1% chacun et 0,3% au total, par coulée continue entre deux cylindres refroidis et frettés, caractérisé en ce que l'échange thermique entre le métal et les frettes des cylindres au cours de la coulée est ralenti de telle sorte que la température des frettes est supérieure à 80°C, et de préférence à  
20 130°C.
3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que le matériau des frettes est mauvais conducteur thermique.
- 25 4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'arc de contact entre le métal et les cylindres de coulée est inférieur à 60 mm, et de préférence à 56 mm.
5. Bande en alliage d'aluminium contenant (en poids) l'un au moins des éléments Fe  
30 (de 0,15 à 1,5%) ou Mn (de 0,35 à 1,9%) avec Fe + Mn < 2,5% et contenant éventuellement Si (< 0,8%), Mg (< 0,2%), Cu (< 0,2%), Cr (< 0,2%) ou Zn (< 0,2%), autres éléments < 0,1% chacun et 0,3% au total, coulée en continu à une

épaisseur comprise entre 1 et 5 mm, présentant à l'état brut de coulée un produit  $R_{0,2}$  (en MPa) x A (en %) supérieur à 2500.

6. Bande selon la revendication 5 présentant un produit  $R_{0,2}$  x A supérieur à 3000.
7. Bande selon l'une des revendications 5 ou 6 présentant une limite élastique  $R_{0,2}$  supérieure à 80 MPa.
8. Bande selon la revendication 7 présentant une limite élastique  $R_{0,2} > 100$  MPa.
9. Bande selon l'une des revendications 5 à 8 présentant un allongement à la rupture  $A > 20\%$ .
10. Bande en alliage sans Mn selon la revendication 9 présentant un allongement à la rupture  $A > 30\%$ .
11. Bande selon l'une des revendications 5 à 10, présentant un taux de cornes inférieur à 7.
12. Bande selon la revendication 11, présentant un taux de cornes inférieur à 5.
13. Bande selon l'une des revendications 5 à 12, caractérisée en ce que la taille moyenne des particules intermétalliques contenant Fe, Mn et/ou Si est inférieure ou égale à  $0,4 \mu\text{m}$ .
14. Bande selon l'une des revendications 5 à 13, caractérisée en ce que 90% au moins des particules intermétalliques contenant Fe, Mn et/ou Si ont une taille inférieure à  $1 \mu\text{m}$ .
15. Bande en alliage Al-Mn selon l'une des revendications 5 à 14 avec  $\text{Fe} + \text{Mn} > 1,4\%$  présentant, après traitement d'émaillage et/ou de revêtement antiadhésif PTFE, une limite élastique supérieure à 80 MPa et de préférence à 100 MPa.

16. Bande laminée à froid à partir d'une bande selon l'une quelconque des revendications 5 à 15, caractérisée en ce que les coefficients  $k$  et  $n$  de la courbe d'écrouissage  $R_{0,2} = k \epsilon^n$ , où  $\epsilon = (2/\sqrt{3}) \ln(\text{épaisseur initiale}/\text{épaisseur finale})$ , sont tels que  $k > 150$  et  $n < 0,20$ .

5

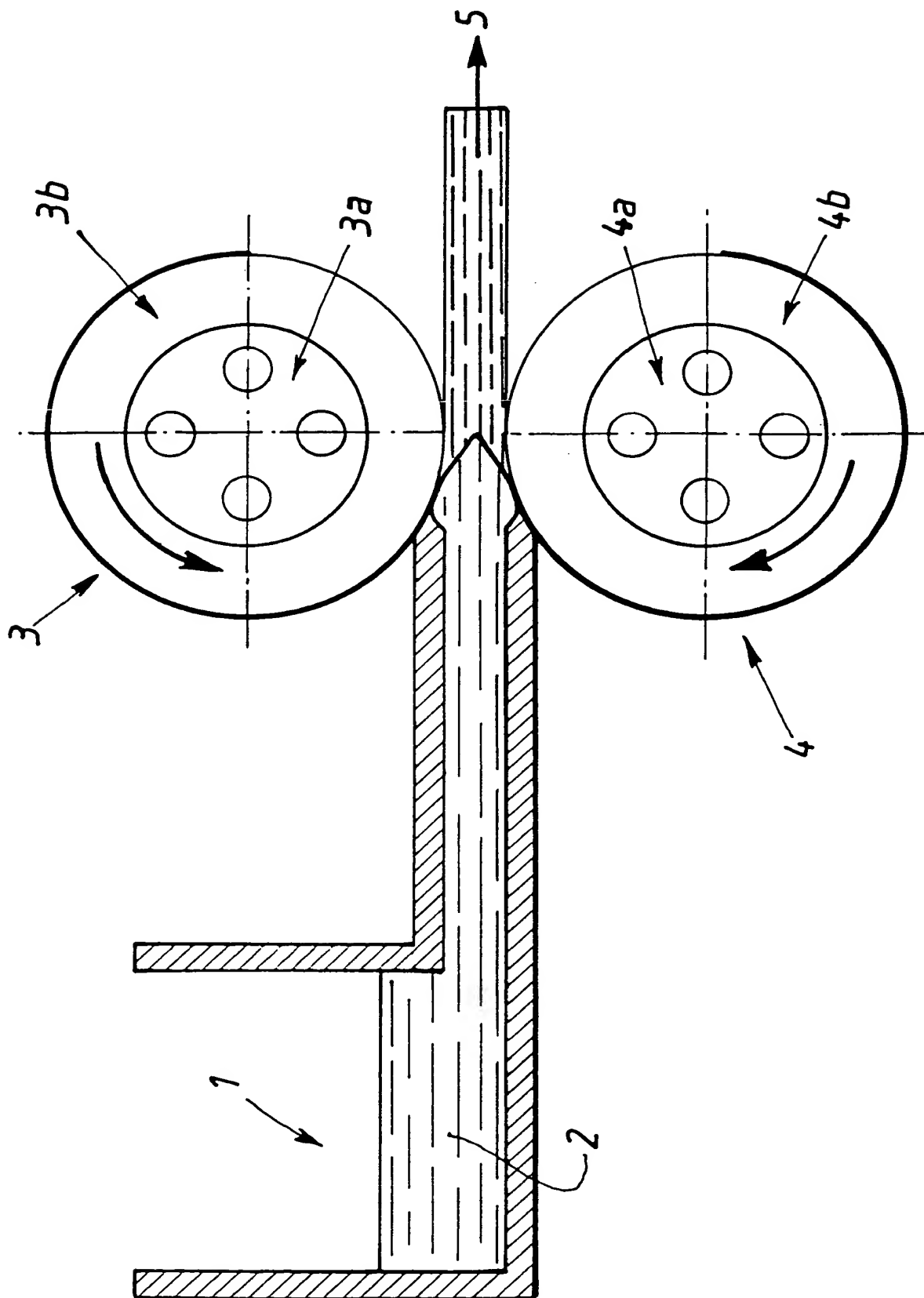
17. Bande selon la revendication 16, caractérisée en ce que  $n < 0,15$ .

18. Ustensile culinaire émaillé et/ou revêtu d'un antiadhésif PTFE fabriqué à partir de bandes selon l'une des revendications 5 à 17.

10

19. Bande laquée ou vernie selon l'une des revendications 5 à 17.

1/1



*This Page Blank (uspto)*